

**ANALISIS METODE *ROUTING* TERHADAP HIDROGRAF BANJIR  
SUNGAI WAY SEKAMPUNG DI WAY KUNYIR MENGGUNAKAN  
HEC-HMS**

(Skripsi)

Oleh

**MARFIRAH ULFAH**



**FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2019**

## ABSTRAK

# ANALISIS METODE *ROUTING* TERHADAP HIDROGRAF BANJIR SUNGAI WAY SEKAMPUNG DI WAY KUNYIR MENGGUNAKAN HEC-HMS

OLEH

MARFIRAH ULFAH

Peristiwa banjir sering terjadi di Indonesia sehingga cukup banyak orang meneliti tentang pergerakan banjir dan pemantauan banjir pada Daerah Aliran Sungai (DAS). Lokasi penelitian ini dilakukan sungai Way Sekampung di Way Kunyir yang berada di kabupaten pringsewu, provinsi Lampung dan terletak di bagian hilir dari bendungan Batutegi.

Penelusuran banjir dimaksudkan untuk menganalisis peluang terjadinya banjir berupa hidrograf banjir dengan atau tanpa menggunakan metode *Routing* dan mengetahui hasil dari beberapa metode *Routing* pada DAS tersebut. Adapun metode *Routing* yang digunakan pada penelitian ini adalah *Lag*, *Lag and K* dan *Muskingum*.

Hasil pemodelan HEC-HMS menyatakan bahwa data debit puncak pada saat tanpa *Routing* lebih besar dibanding dengan memasukkan parameter *Routing*. Hal ini dikarenakan memasukkan parameter *Routing* didalam pemodelan sangatlah berpengaruh pada waktu puncak sehingga berpengaruh pada debit puncak di *outlet* DAS. Hasil dari *Muskingum Routing*, debit puncaknya lebih rendah dibandingkan sebelum memasukkan *Routing* aliran, ini disebabkan karena terjadinya tumpungan di sepanjang sungai sehingga debit puncak menjadi lebih rendah dibanding tanpa *Routing*. Adapun hasil dari *Lag Routing* dan *Lag and K Routing* yaitu debit puncaknya mengalami penurunan dibandingkan sebelum memasukkan parameter *Routing*. semestinya yang terjadi pada yaitu debit puncak dengan *Routing* dan tanpa *Routing* tetap sama namun, hanya terjadi tranlasi debit puncak dan adanya waktu perjalanan. Hal ini terjadi dikarenakan tidak dimiliki data debit pada stasiun yang ditinjau sehingga menggunakan data hujan sebagai pengganti pada pemodelan HEC-HMS.

**Kata kunci:** DAS, sungai Way Sekampung, Way Kunyir, Debit Banjir Rancangan, HEC-HMS, Metode *Routing*.

## ABSTARCT

# ANALYSIS OF THE ROUTING METHOD FOR THE WAY SEKAMPUNG RIVER AT KUNYIR FLOOD HYDROGRAPH USING HEC-HMS

BY

MARFIRAH ULFAH

Flood events often occur in Indonesia so that quite a lot of people researched about the movement of floods and flood monitoring in the Watershed. The location of the study was carried out by the Way Sekampung river in Way Kunyir located in the Pringsewu district, Lampung province and is located downstream of the Batutegi dam.

Flood tracing is intended to analyze the chances of a flood in the form of a flood hydrograph with or without using the Routing method and find out the results of some Routing methods in the watershed. The Routing method used in this study is Lag, Lag and K and Muskingum.

The HEC-HMS modeling results state that peak discharge data when without Routing is greater than entering the Routing parameter. This is because entering the Routing parameter in modeling is very influential at peak times so that it affects the peak discharge at the watershed outlet. As a result of Muskingum Routing, the peak discharge is lower than before entering the flow routing, this is due to the occurrence of reservoirs along the river so that the peak discharge becomes lower than without Routing. The results of Lag Routing and Lag and K Routing are peak discharge decreased compared to before entering the Routing parameter. what should have happened to the peak discharge with Routing and without Routing remains the same, however, only peak discharge tranlations occur and there is travel time. This happens because there is no debit data at the station being reviewed so it uses rain data instead of HEC-HMS modeling.

**Keywords:** Watershed, Way Sekampung River, Way Kunyir, Design Flood Discharge, HEC-HMS, Routing Method.

**ANALISIS METODE *ROUTING* TERHADAP HIDROGRAF  
BANJIR SUNGAI WAY SEKAMPUNG DI WAY KUNYIR  
MENGUNAKAN HEC-HMS**

Oleh

**MARFIRAH ULFAH**

**Skripsi**

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar  
Sarjana Teknik

Pada

Jurusan Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Universitas Lampung



**FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2019**

Judul Skripsi : **ANALISIS METODE *ROUTING* TERHADAP  
HIDROGRAF BANJIR SUNGAI WAY  
SEKAMPUNG DI WAY KUNYIR  
MENGUNAKAN HEC-HMS**

Nama Mahasiswa : **Marfirah Ulfah**

Nomor Pokok Mahasiswa : 1515011113

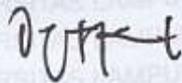
Program Studi : SI Teknik Sipil

Fakultas : Teknik

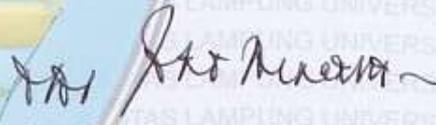


**MENYETUJUI**

1. Komisi Pembimbing



**Dr. Dyah Indriana.K., S.T, MSc**  
NIP. 196912191995122001



**Dwi Jokowinarno, S.T., M.Eng.**  
NIP. 196903211995121001

2. Ketua Jurusan Teknik Sipil



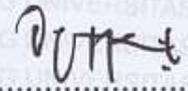
**Gatot Eko Susilo, S.T., M. Sc., Ph.D**  
NIP. 197001291995121001

**MENGESAHKAN**

**1. Tim Penguji**

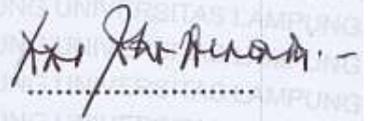
Ketua

: **Dr. Dyah Indriana.K., S.T, MSc**



Sekretaris

: **Dwi Jokowiarno, S.T., M.Eng.**



Penguji

Bukan Pembimbing : **Dr. Endro Prasetyo W, S.T., M.Sc**



**2. Dekan Fakultas Teknik**



**Prof. Drs. Suharno, M.Sc., Ph.D.**  
NIP. 196207171987031002



**Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 11 Oktober 2019**

## SURAT PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah dilakukan orang lain, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang dituliskan atau diterbitkan orang lain kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini sebagaimana disebutkan dalam daftar pustaka. Selain itu saya menyatakan pula, bahwa skripsi ini dibuat oleh saya sendiri.

Apabila terdapat pernyataan tidak sesuai, maka saya bersedia dikenai sanksi sesuai dengan hukum yang berlaku.

Bandar Lampung,



Marfirah Ulfah

## **RIWAYAT HIDUP**

Penulis dilahirkan di Jambi pada tanggal 14 April 1997. Merupakan anak ketiga dari empat bersaudara dari pasangan Bapak Wargo dan Ibu Zanariah.

Penulis memulai jenjang pendidikan dari Taman Kanak-kanak Al-Ikhlas pada tahun 2002, pada tahun 2003 memasuki sekolah dasar di SD Negeri 63 Lubuk Kupang. Kemudian pada tahun 2009 melanjutkan jenjang pendidikan di Sekolah Menengah Pertama Negeri 02 Lubuklinggau, dan SMA Negeri 01 Lubuklinggau pada tahun 2012 dan lulus pada tahun 2015.

Penulis terdaftar sebagai mahasiswa Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Lampung pada tahun 2015. Selama menjadi mahasiswa Teknik Sipil Universitas Lampung, penulis mengikuti berbagai organisasi, diantaranya FOSSI FT Universitas Lampung, HIMATEKS Universitas Lampung, dan BIROHMA Unila Universitas Lampung. Penulis pernah menjadi Asisten Dosen mata kuliah Praktikum Mekanika Fluida selama 2 periode dan Asisten Dosen Analisa Struktur.

## MOTTO

*Islam datang dalam keadaan asing, akan kembali pula dalam keadaan asing. Sungguh beruntunglah orang yang asing.*

*(HR. Muslim no. 145)*

*Sesungguhnya setiap amalan tergantung pada akhirnya.*

*(HR. Bukhari no. 6607)*

*Semoga Allah memberikan barokah dari  
hasil karya ini.*

*Karya ini saya persembahkan untuk  
kedua orang tua dan keluarga saya  
yang sangat menyayangi saya. Juga  
bagi teman-teman yang sudah  
membersamai saya selama ini dan  
memberi semangat dalam hidup saya.  
Quality Time and Bonanza Jannah.*

## SANWACANA

Puji syukur kehadirat Allah Subhanahuwata'ala atas berkat rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “ANALISIS METODE *ROUTING* TERHADAP HIDROGRAF BANJIR SUNGAI WAY SEKAMPUNG DI WAY KUNYIR MENGGUNAKAN HEC-HMS”.

Dalam penyusunan skripsi ini tentu tidak terlepas dari bantuan, dorongan dan saran-saran dari berbagai pihak. Untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Suharno, M.sc. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung.
2. Bapak Gatot Eko Susilo, S.T., M. Sc., Ph.D selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik, Universitas Lampung.
3. Ibu Dr. Dyah Indriana.K., S.T, MSc., selaku dosen pembimbing I, atas pemberian judul serta kesediaannya untuk memberikan bimbingan, saran dan bantuan dalam penyusunan skripsi ini.
4. Bapak Dwi Jokowiarno, S.T., M.Eng., selaku dosen pembimbing II, yang telah banyak memberikan bimbingan, masukan dan saran-saran dalam proses penyelesaian skripsi ini.

5. Bapak Dr. EndroPrasetyo W, S.T., M.Sc, selaku dosen penguji atas kesempatannya untuk menguji sekaligus membimbing penulis dalam seminar skripsi
6. Bapak Ir. Dwi Herianto, M.T., selaku dosen Pembimbing Akademis.
7. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung atas ilmu bidang sipil yang telahdiberikan selama perkuliahan.
8. Ayah dan Ibu atas dukungan, semangat serta doa yang tidak henti-hentinya mereka panjatkan untuk kesuksesanku beserta kakak dan adekku.
9. Sahabat-sahabat yang selalu memberikan dukungan dan semangat, Quality Time memang yang terbaik dan Bonanza Jannah maasyaaAllah.

Serta semua pihak yang tidak bisa disebutkan satupersatu yang telah membantu dan memberikan dukungan dalam penyelesaian skripsi ini.Penulis berharap semoga Allah Subhanahuwata'ala membalas segala kebaikan mereka dan semoga skripsi ini bermanfaat bagi kita semua.

Bandar Lampung, Oktober 2019  
Penulis

Marfirah Ulfah

## DAFTAR ISI

<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>i</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>iii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>v</b>
<b>I. PENDAHULUAN</b>	
A. Latar Belakang .....	1
B. Rumusan Masalah .....	3
C. Tujuan Penelitian.....	3
D. Batasan Masalah.....	4
E. Manfaat Penelitian.....	4
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA</b>	
A. Analisis Hidrologi.....	5
B. Analisis Frekuensi .....	6
C. Hidrograf .....	12
D. <i>Software</i> HEC-HMS.....	16
E. Kajian Studi Terdahulu .....	42
<b>III. METODE PENELITIAN</b>	
A. Lokasi Penelitian .....	44
B. Data Yang Digunakan .....	45
C. Alat yang Digunakan.....	45
D. Langkah Pengerjaan.....	45
E. Diagram Alir ( <i>Flow Chart</i> ) Pengerjaan .....	47

**IV. METODE PENELITIAN**

A.	Analisa Data Spasial.....	48
B.	Hujan Rancangan .....	51
C.	Debit Banjir Rancangan .....	62
D.	Perhitungan Parameter-parameter sebagai <i>Input</i> HEC-HMS .....	74
E.	Hasil dan Pembahasan Pemodelan HEC-HMS.....	82

**V. KESIMPULAN DAN SARAN**

A.	Kesimpulan.....	103
B.	Saran.....	105

**DAFTAR PUSTAKA****LAMPIRAN**

## DAFTAR TABEL

Tabel 1. Metode Simulasi pada HEC – HMS .....	16
Tabel 2. Cara Pengukuran Hujan .....	18
Tabel 3. Nilai CN untuk Beberapa Tataguna Lahan .....	28
Tabel 4. Luas Tutupan Lahan pada DAS Way Kunyir .....	50
Tabel 5. Curah Hujan Rerata Harian Maksimum Tahunan DAS Way Kunyir....	52
Tabel 6. Distribusi Frekuensi Curah Hujan Metode Normal .....	54
Tabel 7. Distribusi Frekuensi Curah Hujan Metode Log Normal.....	56
Tabel 8. Distribusi Frekuensi Curah Hujan Metode Log Pearson III .....	58
Tabel 9. Analisa Jenis Sebaran untuk Hujan Rancangan .....	59
Tabel 10. Distribusi <i>Log Perason</i> III untuk Hujan Rancangan.....	60
Tabel 11. Perhitungan Nilai k Untuk Tiap Kala Ulang.....	60
Tabel 12. Perhitungan Curah Hujan Rancangan Kala Ulang Tertentu.....	61
Tabel 13. Debit Terukur Maksimum pada DAS Way Kunyir.....	63
Tabel 14. Distribusi Frekuensi Debit Metode Normal.....	65
Tabel 15. Distribusi Frekuensi Debit Metode Log Normal .....	67
Tabel 16. Distribusi Frekuensi Debit Metode Log Pearson III.....	69
Tabel 17. Analisa Jenis Sebaran untuk Debit Rancangan.....	71
Tabel 18. Distribusi <i>Log Pearson</i> III Data Debit.....	72

Tabel 19. Perhitungan Nilai k untuk Data Debit.....	72
Tabel 20. Debit Banjir Rencana Kala Ulang Tertentu .....	73
Tabel 21. Nilai CN dan Luasan Tata Guna Lahan SubDAS 2.....	74
Tabel 22. Nilai CN Seluruh SubDAS .....	75
Tabel 23. Hasil Perhitungan <i>Time Lag</i> untuk Tiap SubDAS .....	76
Tabel 24. <i>Control Specification</i> Tiap Kala Ulang.....	79
Tabel 25. Nilai Parameter <i>SCS Curve Number</i> .....	80
Tabel 26. Nilai Parameter <i>Constant Monthly</i> untuk Kala Ulang 2 dan 5 Tahun ...	80
Tabel 27. Nilai Parameter <i>Constant Monthly</i> untuk Kala Ulang 10 dan 25 Tahun	80
Tabel 28. Nilai Parameter <i>Constant Monthly</i> untuk Kala Ulang 50 Tahun .....	81
Tabel 29. Nilai Parameter <i>Muskingum Routing</i> .....	81
Tabel 30. Nilai Parameter <i>Lag Routing</i> .....	82
Tabel 31. Nilai Parameter <i>Lag and K Routing</i> .....	82
Tabel 32. Parameter <i>Muskingum Routing</i> Tiap Kala Ulang .....	87
Tabel 33. Parameter <i>Lag Routing</i> Tiap Kala Ulang.....	91
Tabel 34. Parameter <i>Lag and K Routing</i> Tiap Kala Ulang .....	95
Tabel 35. Hasil Pemodelan pada HEC-HMS.....	99

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Prinsip Hidrograf Satuan.....	14
Gambar 2. Poligon Thiessen.....	21
Gambar 3. Metode Isohiet.....	23
Gambar 3. DAS Way Kunyir.....	39
Gambar 4. Hidrograf Aliran Masuk dan Keluar dengan <i>Routing</i> .....	36
Gambar 5. Sketsa Teknik Penelusuran Aliran Sungai.....	37
Gambar 6. Sungai Way Sekampung di Way Kunyir.....	44
Gambar 7. Diagram Alir Pengerjaan.....	47
Gambar 8. DAS Way Kunyir.....	49
Gambar 9. Tutupan Lahan DAS Way Kunyir.....	50
Gambar 10. Letak Stasiun pada DAS Way Kunyir.....	51
Gambar 11. Hasil Pembuatan Basin Model DAS dengan HEC-HMS.....	76
Gambar 12. <i>Meteorologic Model</i> pada HEC-HMS untuk kala ulang 2 tahun.....	77
Gambar 13. <i>Time Window</i> pada HEC-HMS untuk Data Hujan Stasiun Way Harong.....	78
Gambar 14. Masukan Data Hujan Way Harong pada HEC-HMS.....	78
Gambar 15. <i>Control Specification</i> pada Kala Ulang 2 Tahun.....	79
Gambar 16. Debit Banjir Kala Ulang 2 Tahun Tanpa <i>Routing</i> .....	83

Gambar 17. Debit Banjir Kala Ulang 5 Tahun Tanpa <i>Routing</i> .....	84
Gambar 18. Debit Banjir Kala Ulang 10 Tahun Tanpa <i>Routing</i> .....	84
Gambar 19. Debit Banjir Kala Ulang 25 Tahun Tanpa <i>Routing</i> .....	85
Gambar 20. Debit Banjir Kala Ulang 50 Tahun Tanpa <i>Routing</i> .....	86
Gambar 21. Debit Banjir Kala Ulang 2 Tahun <i>Muskingum Routing</i> .....	87
Gambar 22. Debit Banjir Kala Ulang 5 Tahun <i>Muskingum Routing</i> .....	88
Gambar 23. Debit Banjir Kala Ulang 10 Tahun <i>Muskingum Routing</i> .....	88
Gambar 24. Debit Banjir Kala Ulang 25 Tahun <i>Muskingum Routing</i> .....	89
Gambar 25. Debit Banjir Kala Ulang 50 Tahun <i>Muskingum Routing</i> .....	90
Gambar 26. Debit Banjir Kala Ulang 2 Tahun <i>Lag Routing</i> .....	91
Gambar 27. Debit Banjir Kala Ulang 5 Tahun <i>Lag Routing</i> .....	92
Gambar 28. Debit Banjir Kala Ulang 10 Tahun <i>Lag Routing</i> .....	92
Gambar 29. Debit Banjir Kala Ulang 25 Tahun <i>Lag Routing</i> .....	93
Gambar 30. Debit Banjir Kala Ulang 50 Tahun <i>Lag Routing</i> .....	94
Gambar 31. Debit Banjir Kala Ulang 2 Tahun <i>Lag and K Routing</i> .....	95
Gambar 32. Debit Banjir Kala Ulang 5 Tahun <i>Lag and K Routing</i> .....	96
Gambar 33. Debit Banjir Kala Ulang 10 Tahun <i>Lag and K Routing</i> .....	96
Gambar 34. Debit Banjir Kala Ulang 25 Tahun <i>Lag and K Routing</i> .....	97
Gambar 35. Debit Banjir Kala Ulang 50 Tahun <i>Lag and K Routing</i> .....	98
Gambar 36. Ilustrasi debit puncak pada metode <i>Muskingum Routing</i> .....	100
Gambar 37. Ilustrasi debit puncak pada metode <i>Lag Routing dan Lag and K Routing</i> .....	101

## **I. PENDAHULUAN**

### **A. Latar Belakang**

Banjir merupakan musibah yang banyak menelan kerugian materi dan jiwa. Peristiwa ini sering terjadi di Indonesia sehingga sudah cukup banyak orang meneliti tentang pergerakan banjir dan pemantauan banjir pada Daerah Aliran Sungai (DAS). Daerah Aliran Sungai (DAS) adalah daerah yang dibatasi punggung-punggung gunung dimana air hujan yang jatuh pada daerah tersebut akan ditampung oleh punggung gunung tersebut dan akan dilarikan melalui sungai-sungai kecil ke sungai utama (Asdak, 2002). Penelitian ini dilakukan pada Sungai Way Sekampung di Way Kuning. Desa Way Kuning berada di kecamatan Pagelaran kabupaten Pringsewu, provinsi Lampung dan terletak di bagian hilir dari bendungan Batuteji. Way Kuning merupakan salah satu stasiun pada DAS Way Sekampung dan merupakan titik kontrol DAS dalam penelitian ini.

Penelusuran aliran adalah prosedur untuk menentukan hubungan waktu dan debit aliran (hidrograf aliran) pada suatu titik berdasarkan hidrograf di sebelah hulu. Penelusuran aliran terbagi menjadi dua, yaitu penelusuran hidrologis dan penelusuran hidraulik. Namun, pada penelitian ini hanya menggunakan

penelusuran hidrologis. Apabila aliran yang diteliti itu banjir, maka prosedurnya dikenal dengan penelusuran banjir. Penelusuran aliran sudah banyak dilakukan untuk studi pengendalian banjir, yang mana dilakukan analisis terhadap perjalanan banjir di sepanjang sungai. Penelusuran banjir ini dapat dilakukan dengan mengetahui hidrograf di sebelah hulu sungai, sehingga dapat menghasilkan hidrograf di sebelah hilir sungai. Terdapat dua jenis penelusuran aliran, antara lain penelusuran hidrologis dan penelusuran hidraulis. Pada penelusuran secara hidrologis dicari hidrograf debit di beberapa titik sepanjang aliran.

Penelusuran banjir melalui Sungai Way Sekampung di Way Kunyir dimaksudkan untuk menganalisis peluang terjadinya banjir berupa hidrograf banjir dengan atau tanpa menggunakan metode *Routing* dan menganalisis beberapa metode *Routing* pada DAS tersebut. Penelusuran banjir dilakukan menggunakan *software* HEC-HMS. *Software* ini dibuat untuk menghitung proses hujan aliran pada suatu sistem DAS. Terdapat enam metode *Routing* pada *software* HEC-HMS, yaitu *Kinematic Wave*, *Lag*, *Modified Puls*, *Muskingum*, *Muskingum-Cunge Standard Section*, *Muskingum-Cunge 8-Point Section*, *Normal Depth*, *Straddle Stagger* dan *Lag and K*. Namun pada penelitian ini, hanya digunakan tiga metode yaitu *Lag*, *Lag and K* dan *Muskingum*.

## **B. Rumusan Masalah**

1. Bagaimana hidrograf banjir Sungai Way Sekampung di Way Kunyir tanpa memperhitungkan *Routing* aliran menggunakan HEC-HMS?
2. Bagaimana hidrograf banjir Sungai Way Sekampung di Way Kunyir dengan memperhitungkan *Routing* aliran pada beberapa metode *Routing* menggunakan HEC-HMS?
3. Bagaimana analisis beberapa metode *Routing* dalam penentuan hidrograf banjir Sungai Way Sekampung di Way Kunyir menggunakan HEC-HMS?

## **C. Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Menganalisis hidrograf banjir Sungai Way Sekampung di Way Kunyir tanpa memperhitungkan *Routing* aliran menggunakan HEC-HMS.
2. Menganalisis hidrograf banjir Sungai Way Sekampung di Way Kunyir dengan memperhitungkan *Routing* aliran pada beberapa metode *Routing* menggunakan HEC-HMS.
3. Menganalisis beberapa metode *Routing* dalam penentuan hidrograf banjir Sungai Way Sekampung di Way Kunyir menggunakan HEC-HMS.

#### **D. Batasan Masalah**

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Tinjauan dibatasi pada aspek hidrologi.
2. Menghitung debit rancangan kala ulang dari data yang diperoleh.
3. Menghitung beberapa parameter untuk dimasukkan ke dalam *software* HEC-HMS.
4. Penelusuran aliran yang digunakan hanya penelusuran secara hidrologis.
5. Menghitung penelusuran aliran Sungai Way Sekampung di stasiun Way Kunyir dengan beberapa metode *Routing* yaitu, *Lag*, *Lag and K*, dan *Muskingum*.
6. Menghitung hidrograf banjir Sungai Way Sekampung di Way Kunyir dengan *Routing* dan tanpa *Routing*.
7. Menganalisis beberapa metode *Routing* yang digunakan dalam penelitian.

#### **E. Manfaat Penelitian**

1. Mengetahui perbedaan hidrograf banjir Sungai Way Sekampung di Way Kunyir dengan *Routing* dan tanpa *Routing*.
2. Mengetahui hasil dari beberapa metode *Routing* (*Lag*, *Lag and K*, dan *Muskingum*) pada Sungai Way Sekampung di Way Kunyir.

## **II. TINJAUAN PUSTAKA**

Hidrologi adalah ilmu yang berkaitan dengan air di bumi, baik mengenai terjadinya, peredaran dan penyebarannya, sifat-sifatnya dan hubungan dengan lingkungannya terutama dengan makhluk hidup. Penerapan ilmu hidrologi dapat dijumpai dalam beberapa kegiatan seperti perencanaan dan operasi bangunan air, penyediaan air untuk berbagai keperluan, pembangkit listrik tenaga air, drainase, pengendali polusi, air limbah, dan sebagainya. (Triadmodjo, 2008).

### **A. Analisis Hidrologi**

Analisis hidrologi merupakan satu bagian analisis awal dalam perancangan bangunan-bangunan hidraulik. Pengertian yang terkandung di dalamnya adalah bahwa informasi dan besaran-besaran yang diperoleh dalam analisis hidrologi merupakan masukan penting dalam analisis selanjutnya (Sri Harto, 1993). Ada 3 metode yang biasanya dipakai dalam perhitungan hujan rata-rata di daerah aliran sungai, yaitu : metode Aritmatik, metode Poligon dan metode Isohiet.

## B. Analisis Frekuensi

Analisis frekuensi data hidrologi bertujuan mencari hubungan antara besarnya kejadian ekstrim terhadap frekuensi kejadian dengan menggunakan distribusi probabilitas. Analisis frekuensi dapat diterapkan pada data debit sungai atau data hujan (Triatmodjo, 2008).

Tahapan analisis frekuensi hujan dapat dijabarkan sebagai berikut :

1. Mencari data hujan, kemudian diurutkan dan dicari nilai terbesar dari data hujan rerata tersebut.
2. Hitung besaran statistik data yang bersangkutan (  $\bar{X}$  , s, Cv, Cs, Ck)

Pada perhitungan analisis frekuensi ada beberapa parameter yang diperlukan untuk melakukan distribusi frekuensi. Penjelasan mengenai parameter-parameter tersebut antara lain sebagai berikut.

### a. Nilai rerata ( $\bar{X}$ )

Nilai rerata merupakan nilai yang dianggap cukup representative dalam suatu distribusi. Nilai rata-rata tersebut dianggap sebagai nilai sentral dan dapat dipergunakan untuk pengukuran sebuah distribusi.

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \dots\dots\dots(1)$$

### b. Simpangan baku (*standard deviation*) (S)

Umumnya ukuran dispersi yang paling banyak digunakan adalah deviasi standar (*standard deviation*). Apabila penyebaran data sangat besar terhadap nilai rata-rata maka nilai deviasi standar (S) akan besar pula, akan

tetapi apabila penyebaran data sangat kecil terhadap nilai rata-rata maka (S) akan kecil.

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{(n-1)}} \dots\dots\dots(2)$$

c. Koefisien asimetri (*skewness*) (Cs)

Kemencengan (*skewness*) adalah suatu nilai yang menunjukkan derajat ketidaksimetrisan (*asymmetry*) dari suatu bentuk distribusi. Apabila suatu kurva frekuensi dari suatu distribusi mempunyai ekor memanjang ke kanan atau ke kiri terhadap titik pusat maksimum maka kurva tersebut tidak akan berbentuk simetri, keadaan itu disebut menceng kekanan atau kekiri. Pengukuran kemencengan adalah mengukur seberapa besar suatu kurva frekuensi dari suatu distribusi tidak simetri.

Kurva distribusi yang bentuknya simetri maka nilai CS = 0.00, kurva distribusi yang bentuknya menceng kekanan maka CS lebih besar nol, sedangkan yang bentuknya menceng kekiri maka CS kurang dari nol.

$$C_s = \frac{n}{(n-1)(n-2)S^3} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^3 \dots\dots\dots(3)$$

d. Koefisien variasi (Cv)

Koefisien variasi (*variation coefficient*) adalah nilai perbandingan antara deviasi standar dengan nilai rata-rata hitung dari suatu distribusi.

$$C_v = \frac{S}{\bar{X}} \dots\dots\dots(4)$$

e. Koefisien kurtosis ( $C_k$ )

Pengukuran kurtosis dimaksudkan untuk mengukur keruncingan dari bentuk kurva distribusi, yang umumnya dibandingkan dengan distribusi normal.

$$C_k = \frac{n}{(n-1)(n-2)(n-3)S^4} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^4 \dots \dots \dots (5)$$

dengan :

$X_i$  = Varian yang berupa hujan atau data debit

$\bar{X}$  = Rerata data hujan atau debit

$n$  = Jumlah data yang dianalisis

$S$  = Simpangan baku

$C_s$  = Koefisien asimetri

$C_v$  = Koefisien variasi

$C_k$  = Koefisien kurtosis

3. Menentukan jenis distribusi sebaran

Distribusi probabilitas yang sering dipakai dalam analisis hidrologi yaitu distribusi Normal, Log Normal, Gumbel dan Log Pearson III. Sifat-sifat khas dari setiap macam distribusi frekuensi sebagai berikut:

a. Distribusi Normal

Distribusi normal merupakan simetris terhadap sumbu vertikal dan berbentuk lonceng yang disebut distribusi gauss (Triatmodjo, 2008).

Sri Harto (1993) memberikan sifat-sifat distribusi normal antara lain.

1. Skewness ( $C_s$ ) 0,00

2. Kurtosis (Ck) = 3,00
3. Probabilitas X  $(\bar{X} - S)$  = 15,87%
4. Probabilitas X  $\bar{X}$  = 50,00%
5. Probabilitas X  $(\bar{X} + S)$  = 84,4%

b. Distribusi Log Normal

Distribusi log normal digunakan apabila nilai-nilai dari variabel random tidak mengikuti distribusi normal, tetapi nilai logaritmanya memenuhi distribusi normal (Triatmodjo, 2008). Secara matematis distribusi log normal ditulis sebagai berikut:

$$P(X) = \frac{1}{(\log X) (S)(\sqrt{2})} \cdot \exp \left\{ \frac{1}{2} \left( \frac{\log X - \bar{X}}{S} \right)^2 \right\} \dots\dots\dots(6)$$

Dimana,

P(X) = Peluang log normal

X = Nilai varian pengamat

$\bar{X}$  = Rata-rata dari logaritmik varian X

S = Deviasi standar dari logaritmik nilai varian X

Apabila nilai P(X) digambarkan pada kertas peluang logaritmik akan merupakan persamaan garis lurus.

Sifat statistik distribusi Log Normal adalah :

1.  $C_s = 3.C_v$
2.  $C_s > 0$

Persamaan garis teoritik probabilitas :

$$X_T = \bar{X} + K_T \cdot S \dots\dots\dots(7)$$

Dengan :

$X_T$  = Debit banjir maksimum dengan kala ulang T tahun

$K_T$  = Faktor frekuensi

$S$  = Simpangan baku

#### c. Distribusi Gumbel

Distribusi gumbel umumnya digunakan untuk analisis data maksimum, misalnya untuk analisis frekuensi banjir (Triatmodjo, 2008). Ciri khas statistik distribusi Gumbel adalah :

1.  $C_s = 1,396$

2.  $C_k = 5,4002$

Persamaan garis teoritik probabilitasnya adalah :

$$X_T = \bar{X} + S / \sigma_n (Y - Y_n) \dots\dots\dots(8)$$

dengan :

$Y$  = *Reduced variate*

$Y_n$  = *Mean dari reduced variate*

$\sigma_n$  = *Simpangan baku reduced variate*

$n$  = Banyaknya data

#### d. Distribusi Log Pearson III

Distribusi log pearson tipe III banyak digunakan dalam analisis hidrologi, terutama dalam analisis data maksimum (banjir) dan minimum (debit minimum) dengan nilai ekstrim. Bentuk distribusi

Log Pearson tipe III merupakan hasil transformasi dari distribusi Pearson tipe III dengan menggantikan varian menjadi nilai logaritmik (Triatmodjo, 2008).

Parameter-parameter statistik yang diperlukan oleh distribusi Log Pearson type III adalah (Soemarto, 1987) :

1. Harga rata-rata ( $\bar{X}$ )
2. Standar deviasi (S),
3. Koefisien kemencengan ( $C_s$ )
4. Data digambarkan pada kertas probabilitas.
5. Ploting persamaan garis teoritis berdasarkan Persamaan (6) untuk distribusi Log normal, dan Persamaan (7) untuk distribusi Gumbel.
6. Selanjutnya dilakukan pengujian dengan Chi-kuadrat dan Smirnov-Kolmogorov.

Terdapat beberapa cara untuk menguji jenis probabilitas dengan kesesuaian data yang ada antara lain :

a. Uji Chi-Kuadrat

Pada dasarnya uji ini merupakan pengecekan terhadap penyimpangan rerata dari data yang dianalisis berdasarkan distribusi terpilih. Penyimpangan tersebut diukur dari perbedaan antara nilai probabilitas setiap varian X menurut hitungan dengan pendekatan empiris. Rumus yang digunakan sebagai berikut:

$$X^2 = \sum_{i=1}^k \left[ \frac{(Ef - Of)^2}{Ef} \right] \dots\dots\dots(9)$$

Dengan :

$X^2$  = Harga Chi-Kuadrat

$Ef$  = Estimasi frekuensi untuk kelas  $i$

$Of$  = *Observed* frekuensi pada kelas  $i$

$k$  = Banyaknya kelas

Syarat dari uji Chi-Kuadrat adalah harga  $X^2$  harus lebih kecil dari pada  $X^2_{cr}$  (Chi-Kuadrat kritik) yang besarnya tergantung pada derajat kebebasan (DK) dan derajat nyata ( ). Pada analisis frekuensi sering diambil derajat nyata 5% (Triatmodjo, 2008).

b. Uji Smirnov Kolmogorov

Uji kecocokan Smirnov Kolmogorov juga disebut uji kecocokan non parametrik karena pengujiannya tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu, namun dengan memperhatikan kurva dan penggambaran data kertas probabilitas (Triatmodjo, 2008)

**C. Hidrograf**

Hidrograf merupakan penyajian grafis antara salah satu unsur aliran dengan waktu. Unsur aliran atau parameter tersebut bisa berupa kedalaman air ataupun debit aliran. Sesuai dengan sifat dan perilaku DAS yang bersangkutan, hidrograf hidrograf aliran selalu berubah sesuai dengan besaran dan waktu

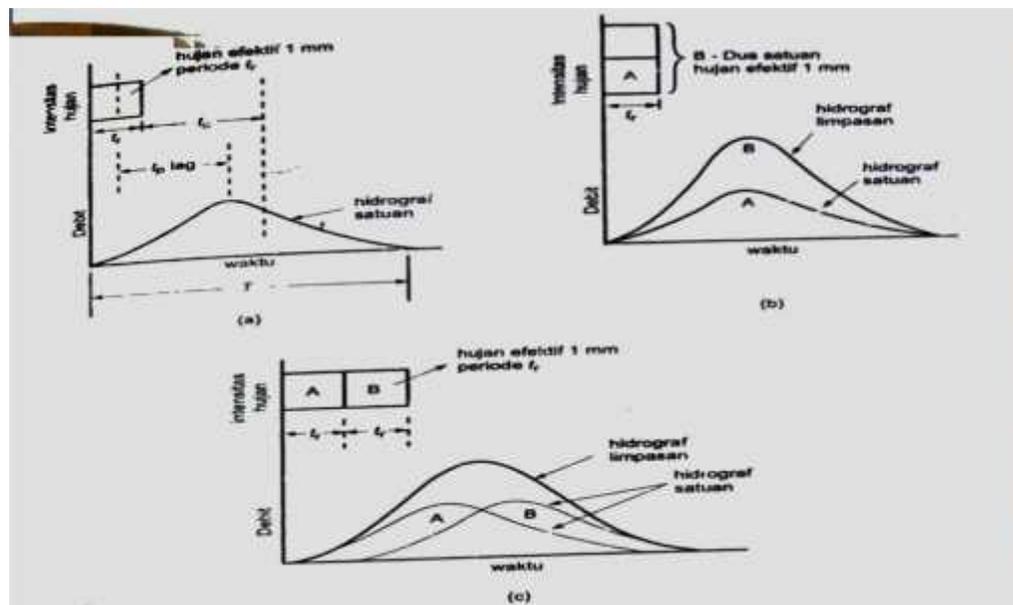
terjadinya. Hidrograf dapat berupa hidrograf muka air, hidrograf debit dan hidrograf sedimen (Sri Harto, 1993).

*Sherman* (1932) mengemukakan konsep hidrograf satuan, yang banyak digunakan untuk melakukan transformasi dari hujan menjadi debit aliran. Hidrograf satuan didefinisikan sebagai hidrograf limpasan langsung (tantap aliran dasar) yang tercatat di ujung hilir DAS yang ditimbulkan oleh hujan efektif sebesar 1 mm yang terjadi secara merata di permukaan DAS dengan intensitas tetap dalam suatu durasi tertentu. Metode hidrograf satuan digunakan untuk memperkirakan banjir rancangan. Beberapa anggapan dalam penggunaan hidrograf satuan adalah sebagai berikut ini.

1. Hujan efektif mempunyai intensitas konstan selama durasi hujan efektif. Untuk memenuhi anggapan ini maka hujan deras yang dipilih untuk analisis adalah hujan dengan durasi singkat.
2. Hujan efektif terdistribusi secara merata pada seluruh DAS. Dengan anggapan ini maka hidrograf satuan tidak berlaku untuk DAS yang sangat luas, karena sulit untuk mendapatkan hujan merata di seluruh DAS. Penggunaan pada DAS sangat luas dapat dilakukan pembagian DAS menjadi sub DAS dan pada setiap sub DAS dilakukan analisis hidrograf satuan.

Hidrograf satuan adalah hidrograf limpasan langsung yang dihasilkan oleh hujan efektif yang terjadi merata di seluruh DAS dengan intensitas tetap dalam satu satuan waktu yang ditetapkan (Sri Harto, 1993). Metode hidrograf satuan banyak digunakan untuk memperkirakan banjir rancangan. Hidrograf satuan yang dianggap dapat mewakili DAS yang ditinjau adalah hidrograf satuan

rerata yang diperoleh dari beberapa kasus banjir tersebut. Limpasan terdiri dari air yang berasal dari tiga sumber, yaitu aliran permukaan, aliran antara dan aliran air tanah. Aliran permukaan (*surface flow*) adalah bagian dari air hujan yang mengalir dalam bentuk lapisan tipis di atas permukaan tanah. Aliran permukaan biasa disebut aliran langsung (*direct runoff*). Aliran antara (*interflow*) adalah aliran dalam arah lateral yang terjadi di bawah permukaan tanah. Aliran air tanah adalah aliran yang terjadi di bawah permukaan air tanah ke elevasi yang lebih rendah yang akhirnya menuju ke sungai atau langsung ke laut. Muka air tanah mempunyai kemiringan yang sangat kecil dan aliran air searah dengan kemiringan tersebut menuju ke sungai sebagai aliran dasar (*baseflow*).



Gambar 1. Prinsip Hidrograf Satuan.

Karakteristik bentuk hidrograf yang merupakan dasar dari konsep hidrograf satuan adalah sebagai berikut ini.

1. Hidrograf menggambarkan semua kombinasi dari karakteristik fisik DAS (bentuk, ukuran, kemiringan, sifat tanah) dan karakteristik hujan (pola, intensitas dan durasi).
2. Mengingat sifat DAS tidak berubah dari hujan yang satu dengan hujan yang lain, maka hidrograf yang dihasilkan oleh hujan dengan durasi dan pola yang serupa memberikan bentuk dan waktu dasar yang serupa pula. Dengan demikian dapat dilakukan superposisi dari hidrograf hidrograf tersebut. Apabila terjadi hujan efektif sebesar 2 mm dengan satuan waktu tertentu, hidrograf yang terjadi akan mempunyai bentuk yang sama dengan hidrograf hujan efektif 1 mm dengan durasi yang sama, kecuali bahwa ordinatnya adalah dua kali lebih besar (Gambar 1 (b)). Demikian juga, apabila hujan efektif 1 mm terjadi dalam dua satuan durasi yang berurutan, hidrograf yang dihasilkan adalah jumlah dari dua hidrograf 1 mm, dengan hidrograf kedua mulai dengan keterlambatan satu satuan waktu (Gambar 1 (c)).
3. Variasi sifat hujan mempunyai pengaruh signifikan pada bentuk hidrograf, meliputi a) durasi hujan, b) intensitas, dan c) distribusi hujan pada DAS.

#### D. *Software* HEC – HMS

*Software* HEC-HMS (*Hydrologic Modelling System*) ini dibuat untuk menghitung proses hujan–aliran suatu sistem DAS. Model HEC-HMS dapat digunakan untuk analisis debit banjir dilokasi titik kontrol dari sistem peringatan dini banjir yang akan dibangun. Dalam HEC-HMS terdapat fasilitas kalibrasi, kemampuan simulasi model distribusi, model kontinyu dan kemampuan membaca data GIS (Jayadi, dkk, 2015)

Tabel 1. Metode Simulasi pada HEC - HMS

No	Model	Metode
1	<i>Precipitation</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>User hyetograph</i></li> <li>• <i>User gage weighting</i></li> <li>• <i>Inverse-distance gage weights</i></li> <li>• <i>Gridded precipitation</i></li> <li>• <i>Frequency storm</i></li> <li>• <i>Standard project storm</i></li> </ul>
2	<i>Volume runoff</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Initial and constant-rate</i></li> <li>• <i>SCS curve number</i></li> <li>• <i>Gridded SCS curve number</i></li> <li>• <i>Green and Ampt</i></li> <li>• <i>Deficit and constant rate</i></li> <li>• <i>Soil moisture accounting</i></li> <li>• <i>Gridded SMA</i></li> </ul>
3	<i>Direct runoff</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>User-specified unit hydrograph (UH)</i></li> <li>• <i>Clark's UH</i></li> <li>• <i>Snyder's UH</i></li> <li>• <i>SCS UH</i></li> <li>• <i>Modclark</i></li> <li>• <i>Kinematic wave</i></li> </ul>
4	<i>Baseflow</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Constant monthly</i></li> <li>• <i>Exponential recession</i></li> <li>• <i>Linear reservoir</i></li> </ul>

5	<i>Routing</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Kinematic wave</i></li> <li>• <i>Lag</i></li> <li>• <i>Modified Puls</i></li> <li>• <i>Muskingum</i></li> <li>• <i>Muskingum-Cunge</i>      <i>Standard Section</i></li> <li>• <i>Muskingum-Cunge</i>    8- <i>point section</i></li> </ul>
---	----------------	---

*Sumber: Technical Refence Manual HEC-HMS 2000*

### 3. Menghitung Hujan Rerata Menggunakan HEC-HMS

Respon sebuah DAS dipengaruhi oleh hujan dan penguapan yang terjadi pada DAS. Hujan dapat diamati berdasarkan kejadian curah hujan dimasa lalu, bisa berdasarkan kemungkinan frekuensi kejadian curah hujan, atau bisa dengan kejadian hujan yang mewakili batas atas dari hujan yang mungkin terjadi di lokasi. Data kejadian hujan sangat berguna untuk kalibrasi dan verifikasi parameter-parameter dari model, untuk peramalan *real-time*, dan untuk mengevaluasi performa dari usulan desain dan peraturan-peraturan.

Pengukuran hujan dapat dilakukan secara manual maupun otomatis. Cara pengukuran hujan dijelaskan pada Tabel.

Tabel 2. Cara Pengukuran Hujan

Pilihan	Kategori
4. Manual	Pengukuran ini dibaca oleh orang yang mengamati. Seringnya pengukuran seperti ini dibaca perhari, jadi informasi detail tentang distribusi sementara curah hujan jangka pendek tidak tersedia.
5. Stasiun hidrometeorologi observasi otomatis	Pengukuran tipe ini mengamati dan mencatat hujan secara otomatis. Contohnya adalah menggunakan logger. Dengan pengukuran ini, distribusi sementara bisa diketahui. Pada <i>HEC-HMS User's Manual</i> , pengukuran yang mana distribusi sementara diketahui disebut sebagai <i>recording gage</i> .
6. Stasiun hidrometeorologi obeservasi telemeteri	Pengukuran tipe ini mengamati dan mengirimkan curah hujan secara otomatis, tapi tidak menyimpannya secara lokal. Contohnya adalah alat pengukur hujan otomatis tipe <i>tipping bucket</i> .
7. Stasiun hidrometeorologi obeservasi telemeteri otomatis	Tipe pengukuran ini mengamati, merekam dan mengirim secara otomatis.

Menurut Bambang Triatmodjo (2008) stasiun penakar hujan memberikan kedalaman hujan di titik dimana stasiun berada, sehingga hujan pada suatu luasan harus diperkirakan dari titik pengukuran tersebut. Apabila terdapat beberapa stasiun pengukuran, hujan yang terjadi belum tentu sama setiap stasiun. Dalam analisis hidrologi diperlukan hujan rerata pada suatu daerah, yang dapat dilakukan dengan tiga metode, yaitu metode rerata aritmatik (Aljabar), metode poligon Thiessen dan metode isohiet.

#### 1. Metode Rerata Aritmatik (Aljabar)

Metode ini adalah yang paling sederhana untuk menghitung hujan rerata pada suatu daerah. Metode rerata aljabar memberikan hasil yang baik apabila :

- a. Stasiun hujan tersebar secara merata di DAS
- b. Distribusi hujan relatif merata pada seluruh DAS.

Hujan rerata pada seluruh DAS dijabarkan dalam bentuk berikut :

$$\bar{p} = \frac{P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n}{n} \dots\dots\dots(10)$$

Dimana :

$\bar{p}$  = Hujan rerata kawasan

$P_1, P_2, P_3, \dots, P_n$  = Hujan stasiun 1, 2, 3, ... n

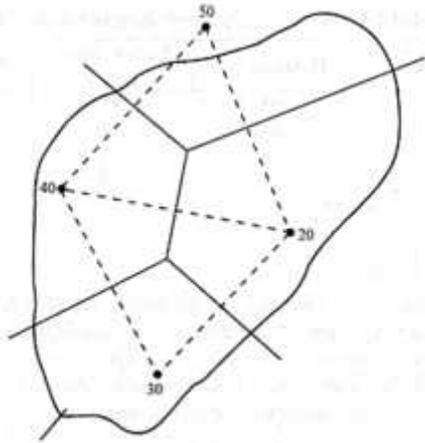
n = Jumlah stasiun

## 2. Metode Thiessen

Metode ini memperhitungkan bobot dari masing-masing stasiun yang ada disekitarnya. Pada suatu luasan di dalam DAS dianggap bahwa hujan adalah sama dengan yang terjadi pada stasiun terdekat, sehingga hujan yang tercatat pada suatu stasiun mewakili luasan tersebut. Metode ini digunakan apabila penyebaran stasiun hujan yang ditinjau tidak merata. Hitungan hujan rerata dilakukan dengan memperhitungkan daerah pengaruh dari tiap stasiun. Pembentukan poligon Thiessen adalah sebagai berikut :

- a. Stasiun-stasiun hujan digambarkan pada peta DAS yang ditinjau, termasuk stasiun hujan di luar DAS yang berdekatan, seperti ditunjukkan dalam gambar 1.
- b. Stasiun-stasiun tersebut dihubungkan dengan garis lurus (garis terputus) sehingga membentuk segitiga-segitiga, yang sebaiknya mempunyai sisi dengan panjang yang kira-kira sama.
- c. Dibuat garis berat pada sisi-sisi segitiga seperti ditunjukkan dengan garis penuh pada gambar 1.
- d. Garis-garis berat tersebut membentuk poligon yang mengelilingi tiap stasiun. Tiap stasiun mewakili luasan yang dibentuk oleh poligon. Untuk stasiun yang berada di dekat batas DAS, garis batas DAS membentuk batas tertutup dari poligon.
- e. Luas tiap poligon diukur dan kemudian dikalikan dengan kedalaman hujan di stasiun yang berada di dalam poligon.

- f. Jumlah dari hitungan pada butir e untuk semua stasiun dibagi dengan luas daerah yang ditinjau menghasilkan hujan rerata daerah tersebut, yang dalam bentuk matematik mempunyai bentuk berikut ini.



Gambar 2. Poligon Thiessen.

Perhitungan Poligon Thiessen adalah sebagai berikut :

Dengan:

$$P = \frac{A_1P_1 + A_2P_2 + A_3P_3 + \dots + A_nP_n}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_n} \dots\dots\dots(11)$$

Dimana :

P = Hujan rerata kawasan

P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>, ..., P<sub>n</sub> = Hujan pada stasiun 1, 2, 3, ..., n

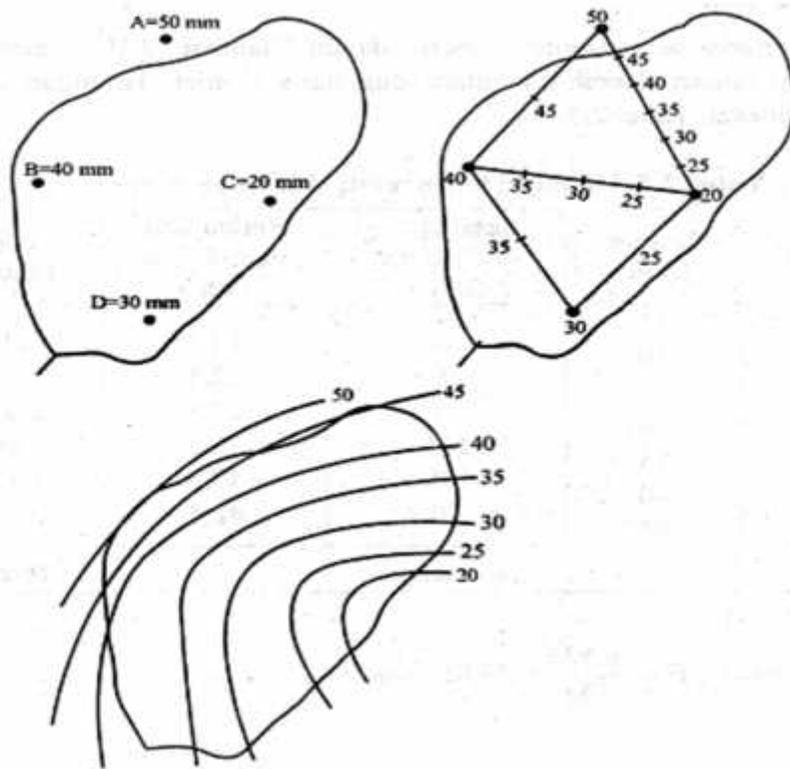
A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>, ..., A<sub>n</sub> = Luas daerah stasiun 1, 2, 3, ..., n

Metode Poligon Thiessen ini banyak digunakan untuk menghitung rerata kawasan. Poligon Thiessen adalah tetap untuk suatu jaringan stasiun hujan tertentu. Apabila terdapat perubahan jaringan stasiun hujan, seperti pemindahan atau penambahan stasiun, maka harus dibuat lagi Poligon Thiessen yang baru.

### 3. Metode Isohiet

Isohiet adalah garis yang menghubungkan titik-titik dengan kedalaman hujan yang sama. Pada metode Isohiet, dianggap bahwa hujan pada suatu daerah diantara dua garis Isohiet adalah merata dan sama dengan nilai rerata dari kedua garis isohiet tersebut. Pembuatan garis Isohiet dilakukan dengan prosedur berikut ini (Gambar 2):

- a. Lokasi stasiun hujan dan kedalaman hujan digambarkan pada peta daerah yang ditinjau.
- b. Dari nilai kedalaman hujan di stasiun yang berdampingan dibuat interpolasi dengan penambahan nilai yang ditetapkan.
- c. Dibuat kurva yang menghubungkan titik-titik interpolasi yang mempunyaikedalaman hujan yang sama. Ketelitian tergantung pada pembuatan garisIsohiet dan intervalnya.
- d. Diukur luas daerah antara dua isohiet yang berurutan dan kemudian dikalikandengan nilai rerata dari nilai kedua garis Isohiet.
- e. Jumlah dari hitungan pada butir d untuk seluruh garis Isohiet dibagi denganluas daerah yang ditinjau menghasilkan kedalaman hujan rerata daerah tersebut.



Gambar 3. Metode Isohiet.

Secara matematis hujan rerata tersebut dapat ditulis :

$$P = \frac{A \frac{I_1+I_2}{2} + A \frac{I_2+I_3}{2} + \dots + A \frac{I_n+I_{(n+1)}}{2}}{A_1+A_2+\dots+A_n} \dots\dots\dots(12)$$

Dengan:

P = Hujan rerata kawasan

I<sub>1</sub>, I<sub>2</sub> ,....., I<sub>n</sub> = Garis isohiet ke 1,2,3,...n, n+1

A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>,.....,A<sub>3</sub> = Luas daerah yang dibatasi oleh garis isohiet ke 1 dan 2, 2 dan 3,....., n dan n+1

## 2. Metode Perhitungan Volume Limpasan dengan HEC-HMS

Lapisan kedap air adalah bagian dari DAS yang memberikan kontribusi berupa limpasan langsung tanpa memperhitungkan infiltrasi, evaporasi ataupun jenis kehilangan volume lainnya. Sedangkan jatuhnya air hujan pada lapisan yang kedap air juga merupakan limpasan (Affandy, 2011).

Didalam pemodelan HEC-HMS ini, terdapat beberapa metode perhitungan limpasan (*runoff*) yang dapat kita gunakan, yaitu (HEC-HMS Technical Reference Manual, 2000:38):

1. *The initial and constant-rate loss model,*
2. *The deficit and constant-rate loss model,*
3. *The SCS curve number (CN) loss model (composite or gridded), dan*
4. *The Green and Ampt loss model.*

### a. *The initial and constant-rate loss model*

Konsep yang mendasari model *The initial and constant-rate loss* adalah bahwa tingkat potensi kehilangan curah hujan maksimum ( $f_c$ ) adalah konstan. Sehingga, jika  $p_t$  adalah curah hujan selama waktu interval  $t$  ke  $t + \Delta t$ , maka rumusnya ditunjukkan pada :

$$p_{et} = \begin{cases} p_t - f_c & \text{if } p_t > f_c \\ 0 & \text{lainnya} \end{cases} \dots\dots\dots(13)$$

Keterangan:

$pet$  = Hujan kumulatif pada waktu  $t$

$pt$  = Kedalaman curah hujan pada waktu  $t$

$fc$  = Kehilangan curah hujan konstan

Kehilangan awal,  $I_a$  ditambahkan ke model untuk mewakili penangkapan dan penurunan *storage*. Hingga akumulasi curah hujan pada daerah resapan melebihi kehilangan volume awal, maka tidak ada limpasan yang terjadi. Sehingga kelebihan ditunjukkan pada :

$$pet = \begin{cases} 0 & \text{if } pi < I_a \\ pt - fc & \text{if } pi > I_a \text{ and } pt > fc \\ 0 & \text{if } pi > I_a \text{ and } pt < fc \end{cases} \dots\dots\dots(14)$$

Keterangan:

$pet$  = Hujan kumulatif pada waktu  $t$

$pt$  = Kedalaman curah hujan pada waktu  $t$

$fc$  = Kehilangan curah hujan konstan

$p$  = Kedalaman hujan kumulatif pada waktu  $t$

$I_a$  = Kehilangan awal (initial loss)

Model *The initial and constant rate* sebenarnya, memasukkan satu parameter (nilai konstan) dan satu kondisi awal (kehilangan awal). Masing-masing mewakili sifat fisik dari tanah pada DAS dan tata guna lahan serta kondisi terdahulu.

b. *Deficit and constant loss model*

Program ini juga memasukkan variasi quasi-kontinyu pada model *the initial and constant rate*, ini diketahui sebagai model *deficit and constant loss*. Model ini berbeda dari model sebelumnya yang mana jika model sebelumnya dapat “memulihkan” setelah jangka waktu tidak ada hujan.

Untuk menggunakan model ini, kehilangan awal dan nilai konstan ditambah nilai pemuliahn harus spesifik. Penurunan kelembaban diperiksa terus menerus, dihitung sebagai volume abstarski awal dikurang volume hujan ditambah volume pemulihan selama periode tidak hujan. Nilai pemulihan bisa diperkirakan sebagai penjumlahan dari nilai evaporasi dan nilai perkolasi, atau beberapa fraksi.

c. *Limpasan SCS Curve Number (CN)*

Metode perhitungan dari *Soil Conservation Service (SCS) curve number (CN)* dianggap bahwa hujan yang menghasilkan limpasan merupakan fungsi dari hujan kumulatif, tata guna lahan, jenis tanah serta kelembaban. Model perhitungannya adalah sebagai berikut (HEC-HMS *Technical Reference Manual*, 2015:40):

$$P_e = \frac{(P-I_a)^2}{P-I_a+S} \dots\dots\dots(15)$$

Dimana :

$P_e$  = Hujan kumulatif pada waktu  $t$

$p$  = Kedalaman hujan kumulatif pada waktu  $t$

$I_a$  = Kehilangan awal (initial loss)

$S$  = Kemampuan penyimpanan maksimum

Hubungan antara nilai kemampuan penyimpanan maksimum dengan nilai dari karakteristik DAS yang diwakili oleh nilai CN (*curve number*) adalah sebagai berikut :

$$S = \begin{cases} \frac{1000-10CN}{CN} & \text{(English unit)} \\ \frac{25400-254CN}{CN} & \text{(SI)} \end{cases} \dots\dots\dots(16)$$

Nilai dari CN (*curve number*) bervariasi dari 100 (untuk permukaan yang digenangi air) hingga sekitar 30 (untuk permukaan tak kedap air dengan nilai infiltrasi tinggi).



d. *Green and ampt loss model*

Model *the green and ampt loss* dalam program ini termasuk model konseptual dari infiltrasi hujan pada DAS. Ringkasnya, model ini menghitung kehilangan hujan pada daerah resapan dalam interval waktu sebagai berikut :

$$f_t = K \left[ \frac{1 + (\phi - t) S_f}{F_t} \right] \dots\dots\dots(17)$$

Dengan :

- $f_t$  = kehilangan selama periode t
- K = konduktivitas hidraulik jenuh
- $(\phi - t)$  = penurunan volume kelembaban
- S<sub>f</sub> = Wetting front suction
- F<sub>t</sub> = kumulatif kehilangan pada waktu t

### 3. **Pemodelan Limpasan Langsung**

Program ini juga mensimulasi proses limpasan langsung dari kelebihan hujan pada DAS. Proses ini mengacu pada “transformasi” curah hujan berlebih menjadi titik limpasan. Program ini memberikan dua pilihan metode transformasi :

- Model empirik (juga mengacu sebagai sistem model teoritik)

Model empirik ini merupakan unit hidrograf tradisional.

- Model konseptual

Model konseptual yang ada diprogram ini adalah model kinematik gelombang (*kinematic-wave*) aliran darat.

Dalam pemodelan menggunakan HEC-HMS, ada beberapa pilihan metode yang dapat digunakan untuk menghitung hidrograf satuan, yaitu:

1. Hidrograf satuan sintetis Snyder
2. Hidrograf satuan SCS (*Soil Conservation Service*)
3. Hidrograf satuan *Clark*
4. Hidrograf satuan *Clark* modifikasi
5. Hidrograf satuan *Kinematic Wave*

- a. Hidrograf Satuan *Snyder*

Pada Hidrograf satuan ini, Snyder menghubungkan parameter-parameter unit hidrograf dengan karakteristik DAS.

Rumus-rumus yang digunakan pada hidrograf satuan Snyder :

$$t_p = 5.5t_r \dots \dots \dots (18)$$

Dengan:

$t_p$  = Waktu dari titik berat durasi hujan efektif ke puncak hidrograf satuan

$t_r$  = Durasi hujan efektif

$$t_{pR} = t_p - \frac{t_r - t_R}{4} \dots \dots \dots (19)$$

Dengan :

$t_{pR}$  = Waktu dari titik berat durasi hujan  $t_r$  ke puncak hidrograf satuan

$t_R$  = Durasi standar dari hujan efektif

$$\frac{U_p}{A} = C \frac{C_p}{t_p} \dots\dots\dots(20)$$

$U_p$  = Standar puncak

$A$  = Luas DAS

$C_p$  = Koefisien puncak

$C$  = Konstanta konversi (2,75 untuk SI)

b. Hidrograf Satuan SCS

Model SCS Unit Hidrograf adalah suatu Unit Hidrograf yang berdimensi, yang dicapai puncak tunggal Unit Hidrograf. SCS menyatakan bahwa puncak Unit Hidrograf dan waktu puncak Unit Hidrograf terkait oleh:

$$U_p = C \frac{A}{T_p} \dots\dots\dots(21)$$

Dimana:

$A$  = Daerah aliran air

$C$  = Konversi konstanta (2.08 in di SI)

Waktu puncak (juga yang dikenal sebagai waktu kenaikan) terkait kepada jangka waktu unit dari kelebihan hujan, seperti :

$$T_p = \frac{t}{2} + t_{lag} \dots\dots\dots(22)$$

Dimana :

$t_c$  = Jangka waktu kelebihan hujan

$T_{lag}$  = perbedaan waktu antara pusat massa dari kelebihan curah hujan dan puncak dari Unit Hidrograf. Perlu dicatat bahwa untuk  $t_c$ , yang kurang dari 29% dari  $t_{lag}$  harus digunakan (USACE,2016).

Ketika waktu keterlambatan tersebut ditetapkan, HEC-HMS memecahkan persamaan untuk menemukan waktu dari puncak Unit Hidrograf dan untuk menemukan puncak Unit Hidrograf.

c. Hidrograf Satuan *Clark*

Penyimpanan air jangka pendek sepanjang DAS memainkan peran penting dalam perubahan hujan menjadi limpasan. Model reservoir merupakan perwakilan yang umum dari efek penyimpanan ini.

Model ini dimulai dengan persamaan kontinuitas berikut:

$$\frac{dS}{dt} = I_t - O_t \dots \dots \dots (23)$$

Dimana :

$\frac{dS}{dt}$  = Tingkat waktu perubahan air pada penyimpanan (*storage*) pada waktu  $t$

$I_t$  = Rata-rata aliran masuk ke dalam penyimpanan pada waktu  $t$

$O_t$  = Aliran keluar dari penyimpanan pada waktu  $t$

Dengan model reservoir, penyimpanan pada waktu  $t$  terkait aliran keluar adalah :

$$S_t = RO_t \dots \dots \dots (24)$$

Dimana :

$R$  = konstanta parameter linear reservoir

Menggabungkan dan memecahkan persamaan menggunakan perbedaan terbatas sederhana, perkiraan hasilnya adalah

$$O_t = C_A I_t + C_B O_{t-1} \dots \dots \dots (25)$$

Dimana  $C_A$ ,  $C_B$  adalah koefisien rute. Koefisien dihitung dari :

$$C_A = \frac{\Delta t}{R + 0.5 \Delta t} \dots \dots \dots (26)$$

$$C_B = 1 - C_A \dots \dots \dots (27)$$

Rata-rata aliran keluar selama periode  $t$  adalah :

$$\bar{O}_t = \frac{O_{t-1} + O_t}{2} \dots \dots \dots (28)$$

d. Hidrograf Satuan *Clark* Modifikasi

Sama seperti hidrograf satuan Clark, perhitungan limpasan dengan Clark modifikasi secara eksplisit menjelaskan perpindahan dan penyimpanan. Penyimpanan dicatat dengan model reservoir yang sama yang tergabung dalam model Clark. Perpindahan dicatat dengan model *grid-based-travel-time*. Perpindahan waktu untuk *outlet* dihitung sebagai :

$$t_{\text{cell}} = t_c \frac{d_{\text{cell}}}{d_{\text{max}}} \dots \dots \dots (29)$$

Dimana :

$t_{\text{cell}}$  = Waktu perjalanan untuk sebuah sel

$t_c$  = Waktu konsentrasi DAS

$d_{\text{cell}}$  = Jarak perjalanan dari sebuah sel ke *outlet*

$d_{\text{max}}$  = Jarak perjalanan untuk sel yang paling jauh dari *outlet*

e. Hidrograf Satuan *Kinematic Wave*

Model *kinematic-wave* mewakili perilaku aliran permukaan pada bidang permukaan. Model ini juga biasa digunakan untuk mensimulasikan perilaku aliran di saluran DAS.

#### 4. Pemodelan *Baseflow*

HEC-HMS menyediakan lima macam model dalam penentuan *baseflow* yang akan digunakan dalam perhitungan selanjutnya. Model tersebut adalah sebagai berikut.

(*HEC-HMS Technical Reference Manual, 2000:75*) :

1. Model konstan bulanan (*Constant Monthly*)

2. Model penurunan eksponensial (*Exponential Recession*)

3. Model volume tampungan linear (*Linear-Reservoir*)

4. *Bounded Recession*

5. *Nonlinear Boussineaq*

- a. Model konstan bulanan merupakan model *baseflow* yang paling sederhana yang terdapat dalam program. Model ini merupakan menganggap *baseflow* sebagai sebuah aliran konstan, hal ini dapat bervariasi setiap bulan. Aliran ditambahkan ke perhitungan limpasan langsung dari curah hujan untuk setiap *time step* simulasi.

- b. Model penurunan eksponensial mewakili *baseflow* dari suatu DAS. Hubungan antara  $Q_t$ , *baseflow* terhadap waktu ( $t$ ), untuk nilai awal sebagai berikut.

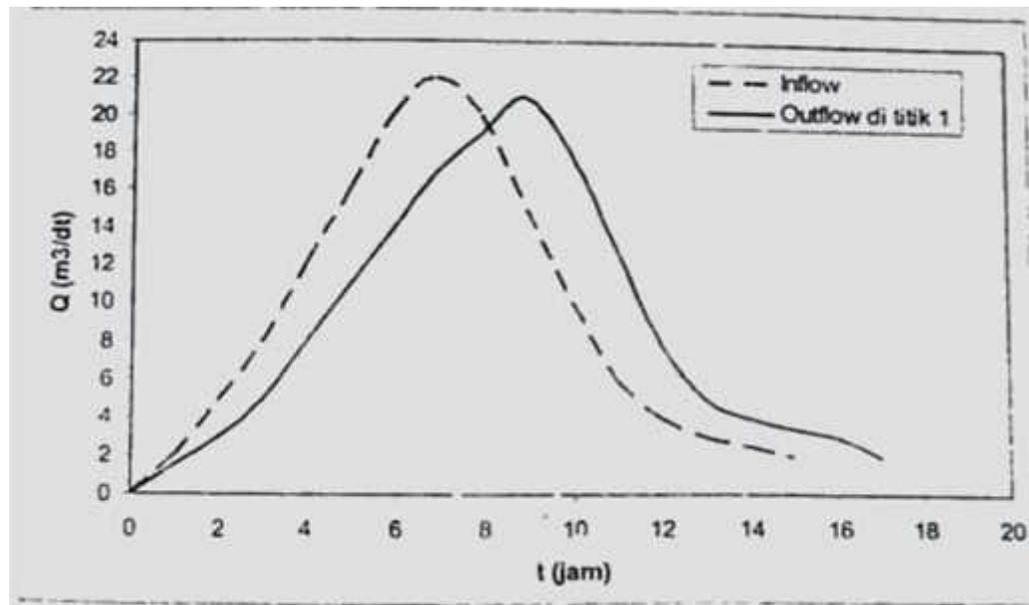
$$Q_t = Q_0 k^t \dots \dots \dots (30)$$

Dimana  $Q_0$  adalah *baseflow* awal pada waktu nol dan  $k$  adalah konstanta eksponensial peluruhan.

- c. Model volume tampungan linear digunakan dengan perhitungan kelembaban tanah.

## 5. Penelusuran Aliran (*Routing*)

Menurut Kamiana (2012), penelusuran aliran cara atau prosedur yang digunakan untuk memperkirakan perubahan unsur – unsur aliran sebagai fungsi waktu di satu atau beberapa titik tinjauan di sepanjang ruas sungai. Secara umum dalam prosedur penelusuran aliran pada suatu ruas sungai diperlukan data aliran di satu titik tinjauan untuk memperkirakan data aliran sungai di bagian hulu diketahui misalnya maka hidrograf aliran sungai di bagian hilir akan dapat diperkirakan. Jadi, puncak hidrograf hilir mengalami selisih terhadap puncak dari hidrograf hulu, hal ini terjadi karena adanya konsep tampungan di sepanjang sungai (lihat Gambar 4)

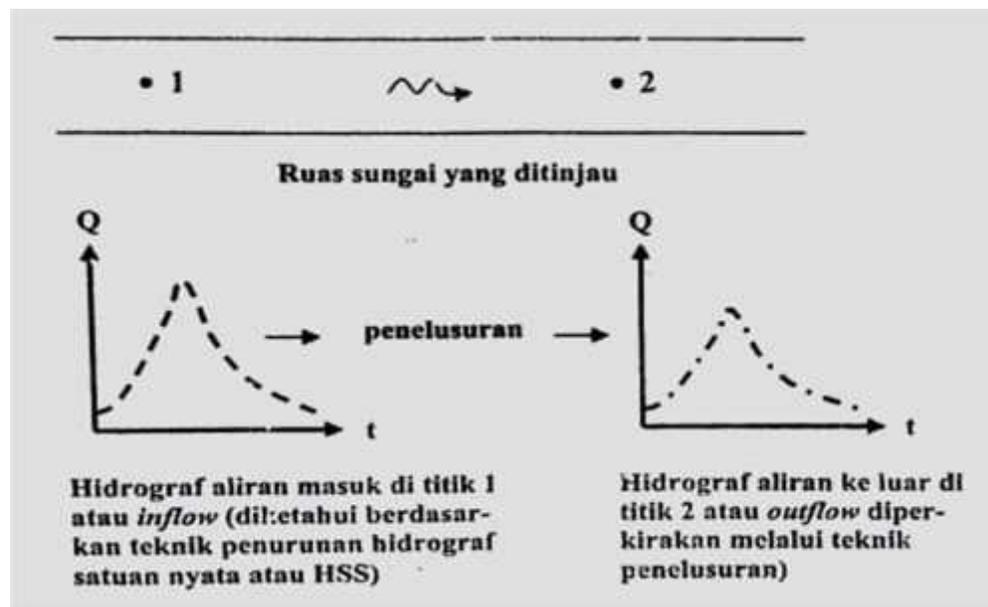


Gambar 4. Hidrograf Aliran Masuk dan Keluar dengan *Routing*.

Ditinjau dari titik tinjauan dan persamaan pegaturnya, teknik penelusuran aliran atau debit rencana dapat dikelompokkan menjadi 2 yaitu:

a. Penelusuran Hidrologis (*Lumped Routing*)

Dalam teknik penelusuran hidrologis, aliran atau debit atau debit rencana dinyatakan sebagai fungsi waktu untuk satu titik sepanjang sungai (lihat Gambar 5).



Gambar 5. Sketsa Teknik Penelusuran Aliran Sungai.

Persamaan pengatur yang digunakan dalam penelusuran hidrologis adalah persamaan kontinuitas dan tampungan. Dalam penelusuran hidrologis dikenal beberapa model penelusuran diantaranya, *Muskingum Method*, Penelusuran Kolam Datar (*Level Pool Reservoir*), dan Penelusuran Waduk (*Linear Reservoir*).

b. Penelusuran Hidraulik (*Distributed Routing*)

Dalam teknik penelusuran hidraulik, aliran atau debit atau debit rencana dinyatakan sebagai fungsi ruang dan waktu serentak untuk banyak titik sepanjang sungai. Persamaan pengatur yang dipergunakan dalam penelusuran hidraulik adalah persamaan kontinuitas dan momentum. Nilai unsur-unsur aliran di saluran atau sungai, seperti kedalaman, kecepatan, dan debit umumnya bersifat tidak tetap atau selalu berubah ditinjau dari segi waktu dan tempat (*unsteady and non uniform flow*, aliran tidak *steady* dan

tidak seragam). Beberapa faktor yang menyebabkan kondisi aliran seperti itu, antara lain.

1. Perubahan kemiringan memanjang, perubahan penampang melintang, perubahan trase, dan pertemuan atau percabangan sungai.
2. Adanya konstruksi bangunan, seperti: pilar jembatan, bendung, bendungan, krib, sudetan.
3. Adanya aliran samping (baik pengurangan maupun penambahan aliran), dan pengaruh pasang surut.

Teknik penelusuran yang diperlukan dalam penelusuran aliran yang selalu berubah terhadap waktu dan tempat adalah teknik penelusuran yang persamaan pengaturnya dapat menjangkau perubahan aliran secara serentak di beberapa tempat (terdistribusi) sepanjang saluran atau sungai dalam waktu yang bersamaan. Beberapa model penelusuran hidraulik yaitu model Kinematic Wave, model Diffusion Wave, dan model Dynamic Wave.

Adapun penelitian ini hanya menggunakan penelusuran hidrologis.

Pada HEC-HMS terdapat beberapa metode penelusuran aliran, diantaranya:

1. *Muskingum Cunge*
2. *Normal Depth*
3. *Straddle Stagger*
4. *Muskingum*

*Muskingum* digunakan unrtuk penelusuran suatu pangsa sungai (*River Reach*) tertentu, atau sebuah *reservoir*. Pada model ini,

diperlukan data hubungan antara tinggi muka air dan tampungan, atau hubungan antara debit dan tampungan.

Persamaan dasar dari *Muskingum* adalah sebagai berikut:

$$S_t = KX (I_t - O_t) + KO = K(XI_t + (1 - X)O_t) \dots \dots \dots (31)$$

Dimana:

$S_t$  = Tampungan

$K$  = Koefisien Tampungan

$X$  = Faktor Pembobot, antara 0 – 0,5

$I_t$  = Masukan (*Inflow*)

$O_t$  = Keluaran (*Outflow*)

Persamaan dasar dapat diubah menjadi:

$$\frac{I_{t-1} + I_t}{2} = \frac{O_{t-1} + O_t}{2} = \frac{S_t - S_{t-1}}{t} \dots \dots \dots (32)$$

Apabila persamaan 31 dan 32 disubstitusikan, maka akan menghasilkan:

$$O_t = \left( \frac{\Delta t - 2KX}{2K(1-X) + t} \right) I_t + \left( \frac{\Delta t + 2KX}{2K(1-X) + t} \right) I_{t-1} + \left( \frac{2K(1-X) - t}{2K(1-X) + t} \right) O_{t-1}$$

Hubungan antara  $S$  dan  $(KX(I-O)+KO)$  adalah linear untuk nilai  $X$  tertentu.  $X$  diperoleh dengan cara coba-coba sampai hubungan keduanya sangat mendekati garis lurus atau bentuk linier. Maka nilai  $X$  yang dipilih adalah yang memberikan kurva linier terbaik, yaitu kurva tersempit. Setelah kurva terbentuk, nilai  $K$  ditentukan dengan menggunakan persamaan berikut.

$$K = \frac{S}{[XI+(1-X)O]} \dots\dots\dots(33)$$

Nilai K juga bisa diperkirakan dari waktu perjalanan air di sungai.

Cara coba-coba sangat krusial karena keduanya berubah dengan besaran debit. Cara *Muskingum* dilakukan coba-coba atau kalibrasi dengan mengaitkan nilai X dan sifat aliran serta sifat saluran. Hasil hidrograf masuk mengalami selisih dengan hidrograf keluar karena adanya tampungan di sepanjang sungai.

5. Model penelusuran *Modified Puls* juga dikenal sebagai penelusuran tampungan (*Reservoir*) atau penelusuran kolam datar. Pada penelusuran saluran digunakan fungsi masukan dan keluaran, sedangkan pada penelusuran tampungan, tampungan hanya tergantung dari keluaran.

Pada model ini, karakter tampungan yang perlu diketahui yaitu hubungan antara elevasi muka air, luas genangan dan volume *reservoir*. Model ini juga memerlukan data aliran masuk dan aliran keluar, sehingga dapat dihitung perubahan tampungan, yang berarti total tampungan dapat dihitung. Dengan diketahuinya total tampungan, maka elevasi muka air dapat diketahui, sehingga debit yang keluar dari ambang *spill way* dapat dihitung.

Persamaan 32 diubah menjadi:

$$\left(\frac{S_t + O_t}{\Delta t}\right) = \left(\frac{I_{t-1} + I_t}{2}\right) + \left(\frac{S_{t-1} - O_{t-1}}{\Delta t}\right) \dots\dots\dots(34)$$

Dimana:

$S$  = Tampang pada pangsa sungai

$I_{t-1}$  = Aliran masuk pada waktu  $t-1$

$I_t$  = Aliran masuk pada waktu  $t$

$O_{t-1}$  = Aliran keluar pada waktu  $t-1$

$O_t$  = Aliran keluar pada waktu  $t$

6. Metode Gelombang Kinematik (*Kinematic Wave*) merupakan salah satu pendekatan secara hidrolis. Penelusuran banjir secara hidrolis bersandar pada 3 asumsi, yakni:
  - 1) Kerapatan airnya secara konstan
  - 2) Panjang sungai yang dipengaruhi oleh gelombang banjirnya lebih besar beberapa kali dibandingkan kedalaman alirannya
  - 3) Alirannya secara hakiki berdimensi satu.
7. Model *Lag* merupakan model yang paling sederhana. Model ini biasa digunakan pada saluran drainase perkotaan. Model *lag* adalah kasus khusus model lainnya, karena hasilnya bisa diduplikasi jika parameter model lain dipilih dengan hati-hati. Contohnya, jika  $X = 0,50$  dan  $K = t$  pada model Muskingum. Hidrograf aliran keluar akan sama dengan hidrograf aliran masuk, dan adanya waktu perjalanan antara puncak hidrograf. Pada pemodelan dimasukkan nilai *lag* yang didapatkan dengan kalibrasi.
8. Model *Lag and K* merupakan metode *routing* penyimpanan hidrologi berdasarkan teknik *routing* grafis yang banyak digunakan

oleh layanan cuaca nasional. Metode ini merupakan kasus khusus dari metode *Muskingum*, di mana penyimpanan saluran diwakili hanya oleh komponen prisma tanpa penyimpanan baji. Karena kurangnya penyimpanan baji, maka metode ini hanya untuk mencari variasi gelombang banjir yang lambat. Nilai  $K$  dan  $t$  dicari dengan kalibrasi.

#### **E. Kajian Studi Terdahulu**

Kajian studi terdahulu mengenai penggunaan HEC-HMS dalam menentukan debit banjir dan pemodelan hasil pengamatan.

Pada tahun 2011, Affandy, dkk menggunakan *software* HEC-HMS dalam penelitian pemodelan hujan-debit pada DAS Sampean Baru. Pada DAS Sampean Baru terdapat 33 stasiun hujan manual dan 3 stasiun ARR (*Automatic Rainfall Recorder*). Pada penelitian ini, Affandy menggunakan metode Poligon Thiessen untuk menghitung hujan rerata. Setelah data terkumpul, dilakukan pemodelan menggunakan HEC-HMS. Hasil dari pemodelan tersebut berupa grafik debit banjir maksimum pada DAS Sampean Baru. Untuk mengetahui kalibrasi model terhadap hasil pengamatan di lapangan, digunakan metode RMSE (*Root Mean Square Errors*) dan metode Nash.

Pada tahun 2018, Nivitha menggunakan *software* HEC-HMS dalam penelitian menentukan debit banjir di bendungan Way Besai. Dalam penelitian, didapatkan luas DAS didapat menggunakan *software* GIS, lalu menghitung

hujan rerata, dan didapatkan banjir dengan kala ulang. Kemudian dilakukan pemodelan menggunakan HEC-HMS dan dilakukan kalibrasi model dengan metode RMSE.

Pada tahun 2012, Andiese dalam jurnalnya yang berjudul “Pengujian Metode Hidrograf Satuan Sintetik GAMA I dalam Analisis Debit Banjir Rancangan DAS Bangga” memaparkan perhitungan analisis debit banjir di DAS Bangga menggunakan metode (HSS) GAMA I dikarenakan kurangnya data terukur pada DAS Bangga, sehingga melakukan pengujian di DAS tersebut dengan metode Hidrograf Satuan Sintetik (HSS) GAMA I. Pada pengujian HSS GAMA I akan dibandingkan dengan HST *Log Person III*.

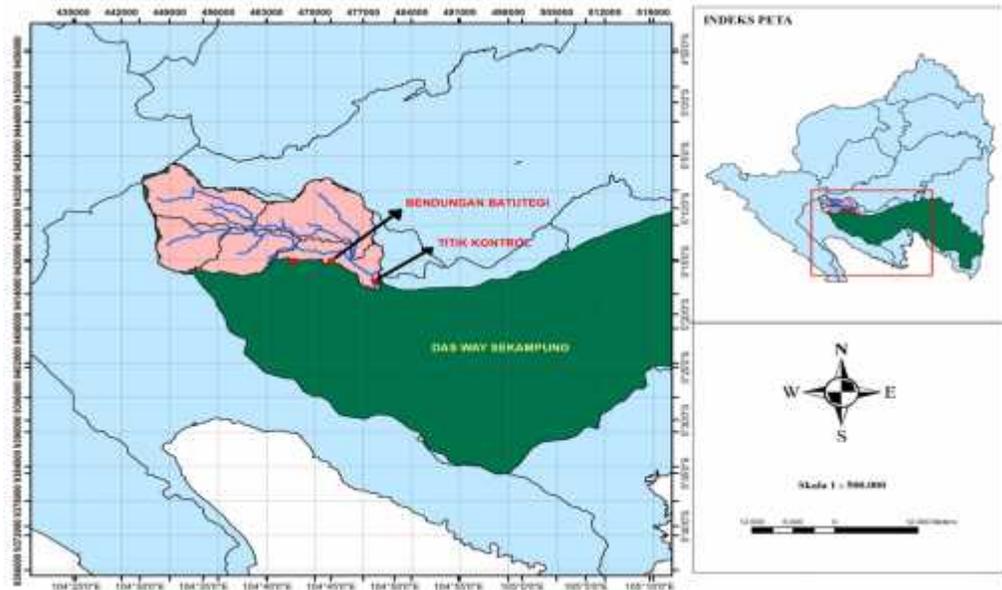
Simpulan yang didapat dari hasil penelitian adalah terjadi perbedaan yang cukup besar antara Debit Banjir Rancangan hasil olahan data curah hujan dengan menggunakan metode Hidrograf Satuan Sintetik (HSS) GAMA I terhadap debit banjir rancangan hasil olahan data debit sungai (terukur) dengan menggunakan metode distribusi *log person III*.

Pada tahun 2018, Radityo, dkk pada jurnalnya yang berjudul “Penelusuran Banjir pada Embung Lambadeuk Kabupaten Aceh Besar”. Dalam jurnal, dilakukan perhitungan dengan sebaran distribusi Log Pearson III, lalu perhitungan hidrograf banjir menggunakan hidrograf satuan sintetik SCS berdasarkan bagian hilir embung. Penelusuran banjir dilakukan dengan metode Level Pool Routing sehingga didapatkan nilai aliran masuk (*inflow*) sebesar 59,772 m<sup>3</sup>/dt dan aliran keluar (*ouflow*) sebesar 42,552 m<sup>3</sup>/dt.

### III. METODE PENELITIAN

#### A. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada Sungai Way Sekampung di Way Kunyir, Kecamatan Pagelaran, Kabupaten Pringsewu, Provinsi Lampung. Sungai Way Sekampung di Way Kunyir memiliki luas 455,0843 Km<sup>2</sup> atau 45.508,43 Ha. Titik kontrol pada stasiun Way Kunyir yang secara geografis terletak di 104° 48'27,18" BT dan 05° 16'57,06" LS. Peta Sungai Way Sekampung di Way Kunyir dapat dilihat pada gambar.



Gambar 6. Sungai Way Sekampung di Way Kunyir.

## **B. Data Yang Digunakan**

Pada penelitian ini dibutuhkan data :

- Data Sekunder

Data sekunder yang digunakan pada penelitian ini berupa :

- a. Data curah hujan pada beberapa stasiun yang termasuk bagian dari DAS
- b. Luas DAS
- c. Titik koordinat lokasi penelitian
- d. Data debit stasiun Way Kunyir dan Way Harong
- e. Data SRTM
- f. Peta Tutupan Lahan Provinsi Lampung.

## **C. Alat yang Digunakan**

Peralatan yang digunakan dalam penelitian berupa laptop yang telah dilengkapi *software Global Mapper, GIS, HEC-HMS, Microsoft Office.*

## **D. Langkah Pengerjaan**

Langkah pengerjaan dilakukan dengan membagi kegiatan ke dalam tahapan-tahapan berikut :

1. Pengumpulan data

Tahapan yang pertama adalah mengumpulkan data-data yang dibutuhkan dalam penelitian.

2. *Generate* DAS pada *software* GIS dan mencari luas DAS
3. Mencari curah hujan harian maksimum
4. Analisis frekuensi data hujan dan debit terukur
5. Pemodelan menggunakan HEC – HMS

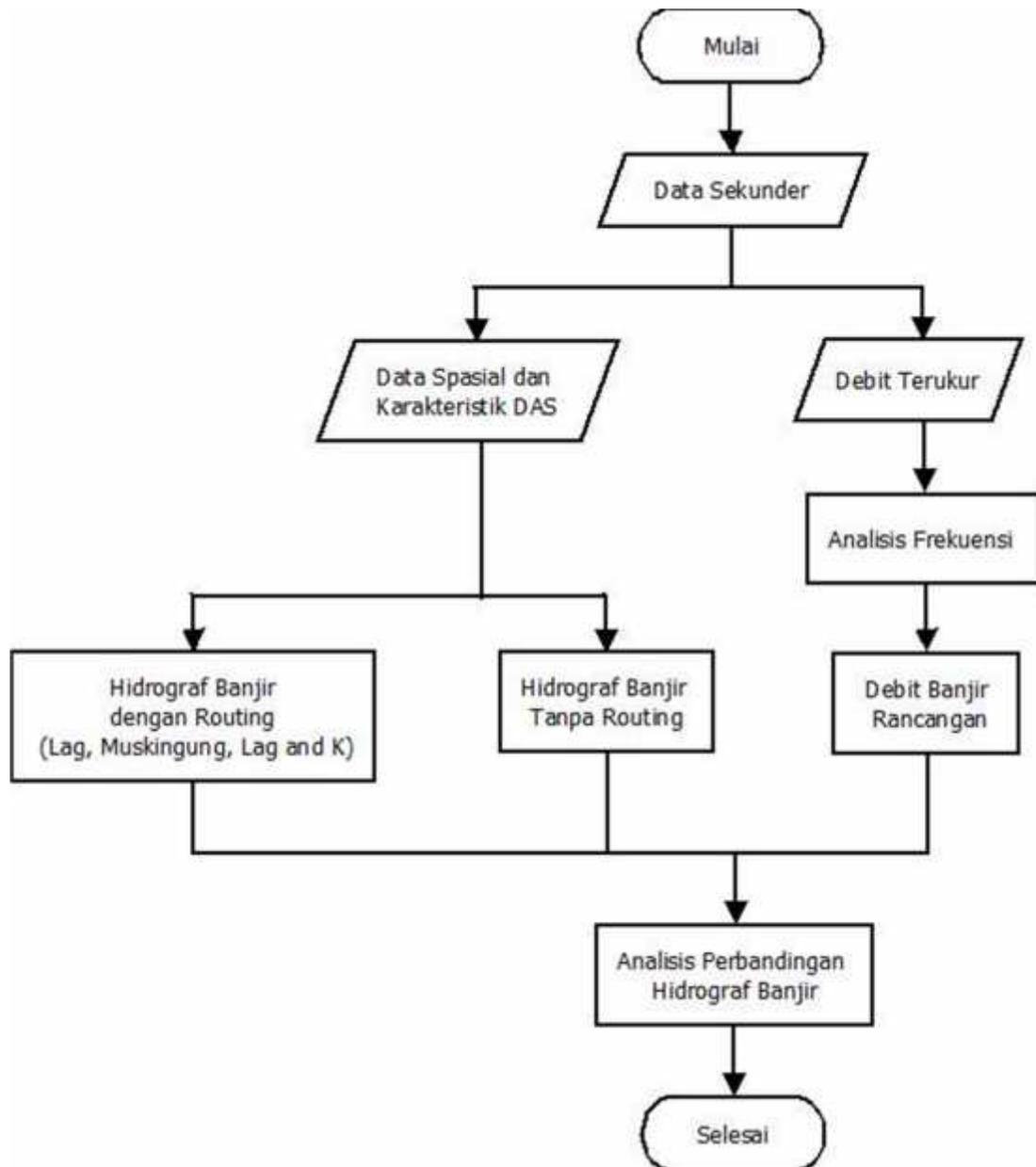
Langkah berikutnya adalah dengan memodelkan Sungai Way Sekampung di Way Kunyir ke dalam program HEC – HMS.

6. Memasukkan data ke dalam HEC-HMS

Memasukkan data yang diperlukan, seperti data hujan, parameter penelusuran dari karakteristik DAS seperti nilai CN (Curve Number), resapan awal (*initial abstraction*), nilai *baseflow*, parameter *loss*, *Routing* dan sebagainya, sehingga mendapatkan hasil yang paling mendekati lapangan.

7. Penelusuran Banjir

Setelah memasukkan parameter dan data yang berkaitan pada pengerjaan, maka dilakukan kalibrasi model dengan metode *Routing*. Adapun metode yang digunakan pada penelitian penelusuran banjir yaitu *Lag*, *Lag and K* dan *Muskingum*. Dari hasil pemodelan maka dapat dianalisis tiap metode terhadap penelusuran banjir pada Sungai Way Sekampung di Way Kunyir. Selain melakukan penelusuran banjir, dicari juga hidrograf banjir pada Sungai Way Sekampung di Way Kunyir dengan metode *Routing* dan tanpa metode *Routing*.

**E. Diagram Alir (*Flow Chart*) Pengerjaan**

Gambar 7. Diagram Alir Pengerjaan.

## V. KESIMPULAN DAN SARAN

### A. Kesimpulan

Dari hasil pembahasan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari hasil pemodelan HEC-HMS tanpa adanya *Routing* aliran, didapat debit banjir rancangan untuk kala ulang dua tahun sebesar  $236,2 \text{ m}^3/\text{s}$ , kala ulang lima tahun  $252,1 \text{ m}^3/\text{s}$ , kala ulang sepuluh tahun  $363,2 \text{ m}^3/\text{s}$ , kala ulang dua puluh lima tahun  $380,7 \text{ m}^3/\text{s}$ , dan  $486,9 \text{ m}^3/\text{s}$  untuk kala ulang lima puluh tahun.
2. Dari hasil pemodelan HEC-HMS dengan *Routing* aliran yang berjumlah tiga metode *Routing*. Maka didapat debit banjir rancangan metode *Muskingum Routing* pada kala ulang dua tahun sebesar  $124,3 \text{ m}^3/\text{s}$ , kala ulang lima tahun  $152,6 \text{ m}^3/\text{s}$ , kala ulang sepuluh tahun  $187,1 \text{ m}^3/\text{s}$ , kala ulang dua puluh lima tahun  $219,3 \text{ m}^3/\text{s}$ , dan  $251,3 \text{ m}^3/\text{s}$  untuk kala ulang lima puluh tahun. Adapun debit banjir rancangan metode *Lag Routing* pada kala ulang dua tahun sebesar  $131,2 \text{ m}^3/\text{s}$ , kala ulang lima tahun  $154,2 \text{ m}^3/\text{s}$ , kala ulang sepuluh tahun  $179,7 \text{ m}^3/\text{s}$ , kala ulang dua puluh lima tahun  $240,3$  dan  $298,5 \text{ m}^3/\text{s}$  untuk kala ulang lima puluh tahun. Serta didapat debit

banjir rancangan metode *Lag and K Routing* pada kala ulang dua tahun sebesar 128,4 m<sup>3</sup>/s, kala ulang lima tahun 151 m<sup>3</sup>/s, kala ulang sepuluh tahun 176,3 m<sup>3</sup>/s, kala ulang dua puluh lima tahun 231,1 m<sup>3</sup>/s, dan 283,4 m<sup>3</sup>/s untuk kala ulang lima puluh tahun.

3. Hasil pemodelan HEC-HMS dari *Muskingum Routing*, debit puncaknya lebih rendah dibandingkan sebelum memasukkan *Routing* aliran, ini disebabkan karena terjadinya tampungan di sepanjang sungai sehingga debit puncak menjadi lebih rendah dibanding tanpa *Routing*. Adapun hasil dari *Lag Routing* dan *Lag and K Routing* yaitu debit puncaknya mengalami penurunan dibandingkan sebelum memasukkan parameter *Routing*. Harusnya yang terjadi pada metode *Lag Routing* dan *Lag and K Routing* yaitu debit puncak dengan *Routing* dan tanpa *Routing* tetap sama namun, hanya terjadi tranlasi debit puncak dan adanya waktu perjalanan. Hal ini terjadi dikarenakan tidak dimiliki data debit sehingga menggunakan data hujan sebagai pengganti pada pemodelan HEC-HMS.

## **B. Saran**

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disarankan hal-hal sebagai berikut:

1. Perlu diadakan kelengkapan data debit pada stasiun Way Harong.
2. Perlu diadakan analisis lebih lanjut mengenai tipe tanah tiap SubDAS Way Kunyir agar hasilnya mendekati dengan kondisi lapangan.
3. Perlu dibentuk tutupan lahan DAS yang sesuai dengan kondisi yang ada.
4. Perlu diadakan analisis lebih lanjut terhadap kehilangan data hujan.
5. Perlu diperbarui data peta tutupan lahan DAS, sehingga hasilnya lebih akurat.

## DAFTAR PUSTAKA

- \_\_\_\_\_. 2017. *Pedoman Penulisan Karya Ilmiah Universitas Lampung*. Unila Offset. Bandar Lampung.
- Affandy, N. A., Anwar, N. 2011. *Pemodelan Hujan-Debit Menggunakan Model HEC-HMS di Das Sampean Baru (Skripsi)*. ITS: Surabaya.
- Asdak, C. 2002. *Hidrologi dan Pengolahan Daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Azmeri, Fauzi, A., Erlangga, T. 2015. *Studi Penelusuran Aliran (Flow Routing) pada Sungai Krueng Teungku Kec. Selimum Kab. Aceh Besar. Peran Inovasi Rekayasa Kontruksi dalam Pembangunan Aceh yang Berkelanjutan*. ISSN: 2086-5244.
- Darojat, Arba. 2013. *Analisis Sedimentasi Untuk Studi Kelayakan Plta Pada Way Semaka Dan Way Semung (Skripsi)*. Universitas Lampung: Bandar Lampung.
- Harto Br, Sri. 1993. *Hidrologi*. Gramedia Pustaka Utama: Jakarta.
- Jayadi, R. dkk. 2015. *Petunjuk Cara Pemakaian Paket Model HEC - HMS*. UGM: Yogyakarta.
- Kamiana, I Made. 2012. *Teknik Perhitungan Debit Rencana Bangunan Air*. Graha Ilmu: Yogyakarta.
- Nivitha, Mutya. 2018. *Analisis Hidrologi untuk Penentuan Debit Banjir Rancangan di Bendungan Way Besai (Skripsi)*. Universitas Lampung: Bandar Lampung.
- Martin, O., Rugumayo, A., dan Ovcharovichora, J. 2012. *Aplication of HEC HMS / RAS and GIS Tools in Flood Modeling: A Case Study for River Sironko – Uganda*. 1(2): 19-31.

- Prahasta, E. 2002. Konsep-konsep Dasar Sistem Informasi Geografis. Bandung: Penerbit Informatika.
- Radityo, T., Masimin, Fatimah, E. 2018. Penelusuran Banjir pada Embung Lambadeuk Kabupaten Aceh Besar. *Hidrologi, Lingkungan, dan Struktur*. 1: 1027-1048.
- Sembiring, F.D.A. 2019. Analisis Perbandingan Hidrograf Satuan Sintetik Gama I dan HEC-HMS dengan Hidrograf Satuan Terukur di Sungai Way Besai (*Skripsi*). Universitas Lampung: Bandar Lampung.
- Sherman, L.K. 1932. *Streamflow from Rainfall by The Unit-Graph Method*. England: News-Rec
- Soemarto, C. 1987. *Hidrologi Teknik*. Usaha Nasional: Surabaya.
- Triatmodjo, Bambang. 2008. *Hidrologi Terapan*. Beta Offset: Yogyakarta.
- USACE. 2000. *Hydrologic Modelling System HEC HMS Technical Reference Manual*. Maret 2000. <http://www.hec.usace.army.mil>
- USACE. 2015. *Hydrologic Modelling System HEC HMS Application Guide*. Desember 2002. <http://www.hec.usace.army.mil>
- USACE. 2016. *Hydrologic Modelling System HEC HMS User Manual*. Juli 2000. <http://www.hec.usace.army.mil>
- Wibowo, H. 2010. Aplikasi Model Hidrograf Satuan Sintetis US SCS dalam Upaya Optimasi Tata Guna Lahan Daerah Aliran Sungai Mempawah Kalimantan Barat. *Jurnal Rekayasa*. 14:1.